



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G01D 5/16, G01B 7/30</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/46565</b> (43) Date de publication internationale: 16 septembre 1999 (16.09.99)
--	-----------	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00522

(22) Date de dépôt international: 9 mars 1999 (09.03.99)

(30) Données relatives à la priorité:  
98/02911 10 mars 1998 (10.03.98) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CROUZET AUTOMATISMES [FR/FR]; 2, rue du Docteur Abel, F-26000 Valence (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): GIROUD, Pierre [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, Dépt. Brevets, 13, avenue du Prés. Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). FLANDIN, Denis [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, Dépt. Brevets, 13, avenue du Prés. Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(74) Mandataire: THOMSON-CSF PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE; Dépt. Brevets, 13, avenue du Prés. Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING ANGULAR POSITION USING A MAGNETIC SENSOR

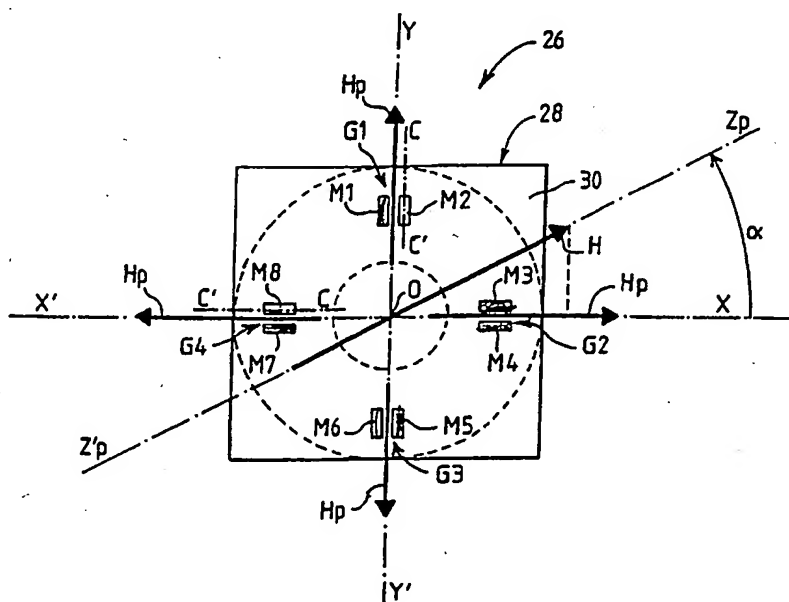
(54) Titre: DISPOSITIF DE MESURE DE POSITION ANGULAIRE UTILISANT UN CAPTEUR MAGNETIQUE

## (57) Abstract

The invention concerns a device for measuring absolute angular position comprising a magnetic field sensor (26) using magnetoresistors (M1, M2,...M8), the sensor co-operating with a mobile magnetic element whereof the orientation ( $\alpha$ ) is to be measured. The sensor comprises on a common substrate (34), a first, second third and fourth group (G1, G2, G3, G4), of at least one magnetoresistor per group having a sensitive axis (C'C), the sensitive axis of the first and third groups (G1, G3) being perpendicular to the sensitive axis of the second and fourth groups (G2, G4) and a permanent magnet placed beneath the substrate, generating a fixed polarising field (Hp). The invention is useful for measuring absolute angular positions, the rotating speeds of rotating machines.

## (57) Abrégé

L'invention propose un dispositif de mesure de position angulaire absolue comportant un capteur de champ magnétique (26) utilisant des magnétorésistances (M1, M2, ..., M8), le capteur coopérant avec un élément magnétique mobile dont on cherche à mesurer l'orientation ( $\alpha$ ). Le capteur comporte sur un même substrat (34), un premier, un deuxième, un troisième et un quatrième groupe (G1, G2, G3, G4), d'au moins une magnétorésistance par groupe ayant un axe sensible (C'C), l'axe sensible des premier et troisième groupes (G1, G3) étant perpendiculaire à l'axe sensible des deuxième et quatrième groupes (G2, G4) et un aimant permanent placé sous le substrat, créant un champ de polarisation (Hp) fixe. Applications: mesure de positions angulaires absolues, des vitesses de rotation de machines tournantes.



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

## DISPOSITIF DE MESURE DE POSITION ANGULAIRE UTILISANT UN CAPTEUR MAGNETIQUE

5 L'invention concerne un dispositif de mesure de la position angulaire d'un élément mobile utilisant un capteur magnétique et plus précisément un capteur basé sur une technologie de mesure d'un champ magnétique à l'aide de magnétorésistances.

L'industrie électronique utilise des capteurs dont la conception est  
10 basée sur différentes technologies. Par exemple certains capteurs de position angulaire comportent une piste circulaire sous forme d'une couche de carbone ou sous forme d'un conducteur bobiné sur un tore selon un axe de révolution et un curseur frottant sur la piste. La piste étant soumise à un potentiel électrique entre ses deux extrémités, la position angulaire du  
15 curseur sera déterminée sans ambiguïté par son niveau de potentiel par rapport à une des deux extrémités de la piste.

Dans ce type de capteur avec contact mécanique entre une partie fixe et une partie mobile, la durée de vie et la fiabilité sont réduites par l'usure due au frottement. Par exemple dans le cas du capteur décrit  
20 précédemment l'usure est due au frottement entre le curseur et la piste sous tension électrique.

Des dispositifs de mesure, sans contact mécanique, de la position angulaire de l'élément mobile sont apparus par la suite évitant les inconvénients cités précédemment. Ces dispositifs utilisent des capteurs  
25 magnétorésistifs permettant la détection de champs magnétiques faibles.

Un capteur magnétorésistif comporte une couche de matériau magnétorésistif traversée par un courant dans une direction de mesure, la couche étant magnétisée par un champ magnétique dans le plan de la couche.

30 Un effet connu, appelé effet d'anisotropie spontané de la magnétorésistance qui se manifeste dans les métaux de transition ferromagnétiques tels que le nickel, le cobalt et le fer, produit une variation de la résistivité de la couche de matériau magnétorésistif en fonction de l'angle entre la direction du courant de mesure et les lignes de champ.

Un autre effet mis à profit dans les capteurs magnétiques est connu sous la dénomination d'effet de magnétorésistance géante et se produit dans des structures multicouche réalisées par un empilage d'une alternance de couches en métal ferromagnétique et de couches en métal non magnétique. Cet effet se traduit par une modification de la résistivité de la structure sous l'influence d'un champ magnétique à mesurer.

La figure 1 montre une réalisation selon l'art antérieur, d'un dispositif 10 de mesure de position angulaire d'un élément mobile 12 couplé mécaniquement à un aimant permanent 14 de forme parallélépipédique selon un axe longitudinal A'A et présentant un pôle nord N et un pôle sud S respectivement à l'une et à l'autre de ses deux extrémités. L'aimant permanent 14 produit un champ magnétique H au niveau d'un capteur magnétique 16 dont les lignes de champs h sont en grande partie sensiblement parallèles à l'axe longitudinal A'A.

L'élément mobile 12 et l'aimant permanent 14 tournent au tour d'un axe de rotation B'B perpendiculaire à l'axe longitudinal A'A situé dans un plan de rotation Pr de l'aimant permanent.

Le capteur magnétique 16 comporte des couches d'une magnétorésistance géante 18 selon un axe sensible C'C traversées par un courant de mesure Im. Ces couches sont sensiblement parallèles au plan de rotation Pr de l'aimant permanent 14 et sous l'influence du champ magnétique H qu'il crée. Les couches sont polarisées par un champ magnétique de polarisation Hp fixe dont les lignes de champ sont sensiblement parallèles à l'axe sensible C'C de la magnétorésistance 18.

Dans une position initiale, l'axe longitudinal A'A de l'aimant permanent 14 et l'axe sensible C'C de la magnétorésistance sont parallèles, les champs magnétiques de polarisation Hp fixe et de l'aimant permanent H étant dirigés dans le même sens. Cette configuration initiale conduit à une valeur initiale de résistivité  $\rho_0$  de la magnétorésistance 18. Un déplacement angulaire  $\theta$  de l'élément mobile 12 et en conséquence de l'aimant permanent 14 par rapport à la position initiale produit le même déplacement angulaire  $\theta$  du champ H de l'aimant permanent 14 dans le plan de la magnétorésistance 18 qui présente alors une nouvelle valeur de résistivité  $\rho_r$ .

Dans ce type de capteur utilisant une magnétorésistance géante, la valeur de la résistivité de la magnétorésistance varie approximativement en fonction du cosinus de l'angle  $\theta$  entre le champ de polarisation  $H_p$  et le champ  $H$  produit par l'aimant permanent 14 dans les couches de la magnétorésistance. Cette variation de résistivité de la magnétorésistance permet de déterminer par la relation directe existant entre la position angulaire du champ  $H$  dans le plan de la magnétorésistance et la position angulaire de l'aimant permanent, la position angulaire de l'élément mobile.

Néanmoins ce type de dispositif utilisant une magnétorésistance présente certains inconvénients. En effet le dispositif selon l'art antérieur ne permet pas d'obtenir sans ambiguïté une mesure de la position angulaire de l'élément mobile sur un tour complet, ce qui le rend inutilisable dans certains cas où la détermination de la position angulaire dans une plage comprise entre 0 et 360 degrés est nécessaire.

Le dispositif selon l'art antérieur comporte d'autres inconvénients très importants, parmi lesquels on peut citer :

- une variation, pour une même position angulaire de l'élément mobile, de la valeur de la résistivité de la magnétorésistance en fonction de la température ambiante.

- une sensibilité non négligeable de la résistivité de la magnétorésistance aux variations de l'intensité du champ de polarisation  $H_p$  et du champ  $H$  de l'aimant permanent.

- une dispersion, liée à la fabrication, des caractéristiques de la magnétorésistance.

Ces variations de la résistivité de la magnétorésistance en fonctions d'éléments difficilement maîtrisables conduisent à un manque de fiabilité et une imprécision dans la mesure de la position angulaire de l'élément mobile.

La présente invention permet de palier les inconvénients de l'art antérieur en proposant un dispositif de mesure de position angulaire comportant un capteur de champ magnétique utilisant des magnétorésistances, le capteur coopérant avec un élément magnétique mobile dont on cherche à mesurer l'orientation, le capteur comportant sur un même substrat, un premier, un deuxième, un troisième et un quatrième groupe d'au moins une magnétorésistance par groupe ayant un axe

sensible, l'axe sensible des premier et troisième groupe étant perpendiculaire à l'axe sensible des deuxième et quatrième groupe et un champ de polarisation fixe créé par un aimant permanent placé sous le substrat, le dispositif comportant en outre des moyens de mesure  
5 différentielle des signaux fournis d'une part par le premier et le troisième groupe de magnétorésistances et d'autre part par le deuxième et quatrième groupe, caractérisé en ce que le champ de polarisation fixe est appliqué parallèlement à l'axe sensible de chacune des magnétorésistances, les champs de polarisation fixe étant opposés pour le premier et le troisième  
10 groupe de magnétorésistance d'une part et pour le deuxième et le quatrième groupe de magnétorésistances d'autre part.

Dans une réalisation du dispositif de mesure de position angulaire selon l'invention le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième groupe de magnétorésistances comportent chacun deux magnétorésistance d'axes  
15 sensible (C'C) parallèles.

Un des avantages du dispositif selon l'invention réside dans le fait qu'il permet de déterminer sans ambiguïté la position angulaire de l'élément mobile sur un tour complet. A cet effet dans cette réalisation, comportant deux magnétorésistances par groupe, les moyens de mesure différentielle  
20 des signaux utilisent un premier pont de Wheatstone comportant le premier et le troisième groupe de magnétorésistances fournissant une première tension de mesure proportionnelle au sinus de la position angulaire du champ magnétique de l'élément magnétique mobile et un second pont de Wheatstone comportant le deuxième et le quatrième groupe de  
25 magnétorésistances fournissant une seconde tension de mesure proportionnelle au cosinus de la position angulaire du même champ magnétique. La première et la seconde tension de mesure étant connectées à une unité de traitement fournissant la position angulaire de l'élément magnétique mobile.

30 Un autre avantage du système selon l'invention réside dans la précision et la stabilité de la mesure de la position angulaire. En effet le capteur magnétique utilise une puce comportant les magnétorésistances réalisées par dépôt sur un même substrat. Cette réalisation conduit à une grande ressemblance des magnétorésistances qui présentent alors des

faibles disparités de leurs caractéristiques et particulièrement de leur résistivité.

Le capteur est réalisé sous la forme d'un élément micro-usiné fabrique collectivement et comportant la puce de magnétorésistances ce qui assure une meilleure reproductivité des caractéristiques et un plus faible coût de fabrication.

Les dérives des paramètres pouvant influencer la mesure de la position angulaire, par exemple la température ambiante, l'amplitude du champ de polarisation  $H_p$  fixe ou du champ  $H$  de l'élément magnétique mobile sont notablement réduites par l'introduction des magnétorésistances dans un système de mesure différentiel connu tel que les ponts de Wheatstone cités précédemment.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui est faite en référence aux dessins annexés dans les quels:

La figure 1 représente un dessin de principe d'un dispositif de mesure de position angulaire, déjà décrit, selon l'art antérieur.

La figure 2 représente un dessin simplifié d'un dispositif de mesure de position angulaire selon l'invention.

Les figures 3a et 3b représentent deux vues d'un capteur magnétique du dispositif de mesure de la figure 2.

La figure 4 montre une courbe typique de variation de la résistivité d'une magnétorésistance en fonction du champ magnétique.

La figure 5 montrant les différents champs magnétiques au niveau du capteur du dispositif de la figure 2.

La figure 6 représentent un schéma de principe d'un système de mesure différentielle de position angulaire du dispositif de la figure 2.

La figure 7 montre une variante du capteur magnétique du dispositif de la figure 2 utilisant un aimant sous forme de barreau cylindrique.

La figure 8 montre une variante du dispositif de mesure de position angulaire de la figure 2, comportant quatre magnétorésistances.

La figure 9 montre un schéma de principe d'un système de mesure différentielle du dispositif de mesure selon la variante de la figure 8.

La figure 2 représente une réalisation selon l'invention d'un dispositif 20 de mesure de la position angulaire d'un pivot 22 tournant autour d'un axe de rotation D'D.

Le dispositif 20 de mesure de position angulaire comporte  
5 essentiellement un capteur magnétique 26 et un pivot 22 dont on souhaite connaître la position angulaire. Le pivot 22 est solidaire d'un aimant permanent mobile 24 constituant l'élément magnétique mobile, qui tourne avec le pivot 22 lors d'une rotation de ce dernier au tour de l'axe de rotation D'D. L'aimant permanent mobile 24 est de dimensions grandes par rapport  
10 aux capteur magnétique 26.

Le capteur magnétique 26, représenté par les figures 3a et 3b, comporte une puce 28 ayant une face supérieure 30 et une face inférieure 32. La puce 28 est réalisée à partir d'un substrat 34 sur lequel sont déposées du côté de la face supérieure 30 de la puce selon des techniques  
15 connues, les différentes couches de huit magnétorésistances géantes M1, M2,...M8.

La figure 3a représente une vue de la face supérieure 30 de la puce 28 comportant les magnétorésistances et la figure 3b une vue en coupé du capteur magnétique 26 selon un plan perpendiculaire à la face  
20 supérieure de la puce (vue selon E'E).

Les magnétorésistances sont groupées par groupes de deux magnétorésistances côte à côte dont les axes sensibles C'C sont parallèles. Un premier groupe G1 constitué de deux premières magnétorésistances M1 et M2, un deuxième groupe G2 constitué de deux deuxièmes  
25 magnétorésistances M3 et M4, un troisième groupe G3 constitué de deux troisièmes magnétorésistances M5 et M6 et un quatrième groupe G4 constitué des deux quatrièmes magnétorésistances M7 et M8, chaque groupe se trouvant sensiblement à égal distance d'un point central O situé dans une zone centrale de la face supérieure 30 de la puce 28, les  
30 magnétorésistances étant situées sur la face supérieure de la puce de telle façon qu'un premier axe X'X situé dans le plan de la face supérieur de la puce et comportant le point central O, passe entre les deux magnétorésistances côte à côte du deuxième groupe G2 et du quatrième groupe G4 parallèlement à leur axe sensible C'C et qu'un second axe Y'Y  
35 perpendiculaire au premier axe X'X situé dans le même plan supérieur de la



puce et comportant aussi le point centrale O, passe entre les magnétorésistances côte à côte du premier groupe G1 et du troisième groupe G3 et parallèlement à leur axe sensible C'C.

Dans cette configuration les axes sensibles des magnétorésistances du premier et du troisième groupe sont perpendiculaires aux axes sensibles des magnétorésistances du deuxième et quatrième groupe.

Un aimant permanent annulaire 36 ayant une surface cylindrique interne 38 et une surface cylindrique externe 40 selon un axe de révolution F'F est accolé contre la surface inférieure 32 de la puce 28, l'axe de révolution F'F passant par le point central O de la puce 28.

L'aimant permanent annulaire 36 est aimanté radialement et présente un pôle sud S du côté de sa surface cylindrique interne 38 et un pôle nord N du côté de sa surface cylindrique externe 40. De cette façon les lignes de champs  $h_c$  du champ magnétique de polarisation  $H_p$  relient le pôle nord N au pôle sud S à l'extérieur de l'aimant annulaire 36 selon une distribution radiale régulière au tour de son axe de révolution F'F et traversent les huit magnétorésistances parallèlement à leurs axes sensibles C'C et dans un même sens pour chacune des magnétorésistances.

Le champ magnétique de polarisation  $H_p$  est pratiquement constant et permet de polariser les magnétorésistances dans une zone sensiblement linéaire de leur caractéristique de résistivité en fonction du champ de polarisation.

La figure 4 montre une courbe 42 typique de variation de la résistivité  $\rho_r$  d'une magnétorésistance en fonction du champ magnétique  $H_p$  selon son axe sensible C'C. Une polarisation magnétique  $H_0$  déterminée permet d'exploiter la courbe de résistivité de la magnétorésistance dans une zone sensiblement linéaire de la courbe 40 lorsque le champ varie entre une valeur minimale  $H_{min}$  et une valeur maximale  $H_{max}$  au tour de la valeur de polarisation  $H_0$ .

Dans le dispositif selon l'invention de la figure 2, l'aimant permanent mobile 24 est réalisé sous la forme d'un barreau de section rectangulaire selon un axe longitudinal Z'Z qui tourne entraîné par le pivot 22 dans un plan de rotation  $Pr$  sensiblement parallèle à la face supérieure 30 de la puce 28.

L'aimant permanent 24 présente un pôle sud S et un pôle nord N respectivement à l'une et à l'autre de ses deux extrémités dont les lignes de champs  $h$  reliant le pôle nord N et le pôle sud S traversent les magnétorésistances M1 à M8 parallèlement à la surface supérieure 30 de la puce 28.

La figure 5 montre les deux champs magnétiques auxquels les magnétorésistances M1 à M8 sont soumises.

D'une part le champ magnétique de polarisation  $H_p$  fixe par rapport aux magnétorésistances et d'autre part le champ magnétique mobile H de l'aimant permanent mobile 24.

La position angulaire du pivot 20 est mesurée par l'angle  $\alpha$  qui est formé entre l'axe longitudinal  $Z'Z$  de l'aimant permanent mobile et une position de référence  $Z'r$   $Z_r$  du même axe. Cette position de référence est dans le cas de cette réalisation, la position de l'axe longitudinal  $Z'Z$  de l'aimant permanent mobile 24 lorsque la projection de cet axe sur la surface supérieure 30 de la puce se confond avec le premier axe  $X'X$  et de telle façon que le champ de polarisation  $H_p$  et le champ H de l'aimant permanent mobile 24 au niveau du deuxième groupe G2 des deux deuxièmes magnétorésistances M3 et M4 soient dans le même sens.

Soit  $Z'p$ ,  $Z_p$  la projection de l'axe  $Z'Z$  de l'aimant permanent mobile 24 sur la surface supérieure 30 de la puce 28 (voir figure 5), lorsque l'aimant permanent mobile et le pivot tournent d'un angle  $\alpha$ , le champ magnétique H de l'aimant permanent mobile au niveau du plan de la surface supérieure 30 de la puce tourne sans ambiguïté du même angle  $\alpha$ .

Le champ magnétique résultant  $H_r$  sur chacune des magnétorésistances selon leur axe sensible  $C'C$  résulte de la somme algébrique du champ de polarisation  $H_p$  et de la projection orthogonale du champ H de l'aimant permanent mobile sur l'axe sensible de la magnétorésistance considérée.

Ainsi, dans la position initiale du pivot 20, pour un angle  $\alpha$  de 0 degrés, le champ résultant  $H_r$  sera à un niveau maximum dans l'axe sensible des deux deuxièmes magnétorésistances M3 et M4 du deuxième groupe G2 et a un niveau minimum pour les deux quatrièmes magnétorésistances M7 et M8 du quatrième groupe G4.

La variation du champ résultant  $H_r$  selon l'axe sensible C'C de chaque magnétorésistance M1 à M8 produit une variation de la résistivité de chaque magnétorésistance permettant de déterminer sans ambiguïté, à l'aide de systèmes connus la position angulaire du pivot 22 mesurée par l'angle  $\alpha$  sur un tour complet.

La figure 6 représente un schéma de principe permettant de déterminer cet angle  $\alpha$ .

Les deux premières magnétorésistances M1 et M2 du premier groupe G1 et les deux troisièmes magnétorésistances M5 et M6 du troisième groupe G3 sont montées dans un premier pont de Wheatstone P1 et les deux secondes magnétorésistances M3 et M4 du deuxième groupe G2 et les deux quatrièmes magnétorésistances du quatrième groupe G4 dans un second pont de Wheatstone P2 de telle façon que les deux magnétorésistances d'un même groupe forment deux branches opposées du pont de Wheatstone.

D'une façon connue un premier courant de mesure I1 alimente par deux premiers points opposés W1 et W2 d'interconnexion du premier pont de Wheatstone P1, les quatre magnétorésistances du premier groupe G1 et du troisième groupe G3, les deux autres points opposés W3 et W4 d'interconnexion du pont de Wheatstone étant connectés à deux entrées différentielles E1 et E2 d'un premier amplificateur différentiel A1 fournissant à sa sortie une première tension U1 proportionnellement au sinus de la position angulaire  $\alpha$ .

Un second courant de mesure I2 de même valeur que le courant de mesure I1 alimente par deux premiers points opposés W5 et W6 d'interconnexion du second pont de Wheatstone P2 les quatre magnétorésistances du deuxième groupe G2 et du quatrième groupe G4, les deux autres points opposés W7 et W8 d'interconnexion du second pont de Wheatstone P2 étant connectés à deux entrées différentielles E3 et E4 d'un second amplificateur différentiel A2 fournissant à sa sortie une seconde tension U2 proportionnelle au cosinus de la position angulaire  $\alpha$ .

La connaissance à tout moment de la valeur de sinus  $\alpha$  et de cos  $\alpha$  permet de déterminer sans ambiguïté l'angle de rotation  $\alpha$  et la position angulaire  $\alpha$  du pivot 22.

A cet effet une unité de traitement UT de type connu reçoit à deux entrées E5 et E6 respectivement les tensions de sortie U1 et U2 des amplificateurs différentiels A1 et A2 et fourni à une sortie S un signal de sortie Us correspondant à la position angulaire  $\alpha$  du pivot.

5 Ce montage particulier en pont de Wheatstone des magnétorésistances permet d'améliorer la précision de mesure de la position angulaire du pivot 22 qui peut être de l'ordre de un degré.

Le signal en sortie de cette unité de traitement peut être, soit une tension ou un courant analogique, soit un signal numérique destiné une  
10 interconnexion de type bus de terrain, soit un signal à modulation de largeur d'impulsion ou tout autre type de signal adapté à une utilisation souhaitée.

Dans une variante du capteur magnétique du dispositif de mesure de position angulaire de la figure 2, le champ de polarisation Hp fixe est obtenu par un aimant permanent sous forme d'un barreau cylindrique  
15 aimanté selon son axe de révolution et dont les lignes de champs traversent les huit magnétorésistances parallèlement à leurs axes sensibles C'C et dans un même sens pour chacune des magnétorésistances.

La figure 7 montre un capteur magnétique 50 selon la variante. Le capteur magnétique 50 comporte la puce 28 ayant les  
20 magnétorésistance M1 à M8 et un aimant permanent 52 sous la forme d'un barreau de section circulaire dont l'axe de révolution F'F est perpendiculaire au plan des magnétorésistances et passe par le point centrale O de la puce 28.

Un des pôles de l'aimant permanent 52, le pôle nord N dans le  
25 cas de la réalisation de la figure 7, se trouve à proximité de la puce 28 et à une distance D telle que des lignes de champ hc reliant le pôle nord N au pôle sud S de l'aimant permanent 52 traversent les magnétorésistances M1 à M8 pratiquement parallèlement à leur axe sensible C'C selon une distribution radiale régulière au tour de l'axe de révolution F'F de l'aimant  
30 permanent et dans un même sens pour chacune des magnétorésistances.

Le dispositif de mesure de position angulaire, selon l'invention, trouve son application dans des nombreux domaines de l'industrie et en particulier lorsqu'on souhaite mesurer avec un faible coût, des décalages  
angulaires d'éléments mobiles avec une grande fiabilité, précision et  
35 stabilité de la mesure. Le dispositif trouve aussi son application dans les

mesures des vitesses de machines tournantes comme les moteurs à courant continu, le dispositif permettant d'obtenir une grande précision de mesure dans une large plage de vitesses.

L'invention n'est pas limitée à la réalisation décrite de la figure 2.

- 5 On peut envisager par exemple, un dispositif de mesure de position angulaire utilisant, à la place d'aimants permanents, des premières bobines alimentées par un premier courant électrique générant le champ magnétique de polarisation  $H_p$  fixe et des secondes bobines alimentées par un second courant électrique, générant le champ  $H$  de l'élément magnétique mobile.

- 10 La figure 8 montre une variante du dispositif de mesure de position angulaire de la figure 2, selon l'invention. Dans cette variante de la figure 8, le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième groupe (G1,G2,G3,G4) de magnétorésistances du capteur, comportent chacun une seule magnétorésistance (M1,M3,M5,M7). Cette variante permet une baisse  
15 du coût du capteur qui ne comporte que quatre magnétorésistances, le dispositif de mesure étant légèrement moins performant que dans le cas de la réalisation décrite avec huit magnétorésistances.

- La figure 9 montre un schéma simplifié des moyens de mesure différentielle des signaux, utilisés dans le dispositif de mesure selon la  
20 variante de la figure 8. Ces moyens utilisent un premier pont diviseur comportant les deux magnétorésistances (M1,M5) en série, du premier et du troisième groupe (G1,G3) et un second pont diviseur comportant les autres deux magnétorésistances (M3,M7) en série, du deuxième et le quatrième groupe (G2,G4). L'extrémité libre des magnétorésistances du premier et du  
25 deuxième groupe (M1,M3) étant connectée à un potentiel  $u$  et les extrémités libres des magnétorésistances du troisième et quatrième groupe (M5,M7) étant connectées à une masse  $M$  des moyens de mesure.

- Le premier pont diviseur fournit, à travers un premier adaptateur A3 ayant une entrée connectée au point de jonction des magnétorésistances (M1,M5) du premier et du troisième groupe, une première tension ( $U_1$ ) de  
30 mesure proportionnelle au sinus de la position angulaire ( $\alpha$ ) du champ magnétique ( $H$ ) de l'élément magnétique mobile. Le second pont diviseur fournit, à travers un second adaptateur A4 ayant une entrée connectée au point de jonction des magnétorésistances (M3,M7) du deuxième et du

quatrième groupe, une seconde tension (U2) de mesure proportionnelle au cosinus de la position angulaire ( $\alpha$ ) du même champ magnétique (H).

La première et la seconde tension (U1,U2) de mesure sont appliquées aux entrées (E5 E6) de l'unité de traitement (UT) fournissant à sa sortie (S) la position angulaire ( $\alpha$ ) de l'élément magnétique mobile.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure de position angulaire (10,20) comportant  
5 un capteur de champ magnétique (16,26,50) utilisant des  
magnétorésistances (M1,M2,...M8), le capteur coopérant avec un élément  
magnétique mobile (14,24) dont on cherche à mesurer l'orientation, le  
capteur comportant sur un même substrat (34), un premier, un deuxième, un  
troisième et un quatrième groupe (G1,G2,G3,G4), d'au moins une  
10 magnétorésistance par groupe ayant un axe sensible (C'C), l'axe sensible  
des premier et troisième groupe (G1,G3) étant perpendiculaire à l'axe  
sensible des deuxième et quatrième groupe (G2,G4) et un champ de  
polarisation (Hp) fixe créé par un aimant permanent placé sous le substrat,  
le dispositif comportant en outre des moyens de mesure différentielle  
15 (P1,P2,A1,A2,UT) des signaux fournis d'une part par le premier et le  
troisième groupe de magnétorésistances et d'autre part par le deuxième et  
quatrième groupe, caractérisé en ce que le champ de polarisation (Hp) fixe  
est appliqué parallèlement à l'axe sensible (C'C) de chacune des  
magnétorésistances, les champs de polarisation (Hp) fixe étant opposés  
20 pour le premier et le troisième groupe de magnétorésistance d'une part et  
pour le deuxième et le quatrième groupe de magnétorésistances d'autre  
part.

2. Dispositif de mesure de position angulaire selon la  
25 revendication 1, caractérisé en ce que le capteur magnétique (26,50) utilise  
une puce (28) comportant les magnétorésistances (M1,M2,...M8) réalisées  
par dépôt sur un même substrat (34).

3. Dispositif de mesure de position angulaire selon la  
30 revendication 2, caractérisé en ce que la puce (28) ayant une face  
supérieure (30) et une face inférieure (32), les magnétorésistances  
(M1,M2,...M8) sont déposées du côté de la face supérieure (30) de la puce  
(28).

4. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les magnétorésistances (M1,M2,...M8) sont des magnétorésistances géantes.

5 5. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le champ de polarisation (Hp) fixe est obtenu par un aimant permanent (50) sous forme de barreau cylindrique aimanté selon son axe de révolution (F'F), et dont les lignes de champs (hc) traversent les magnétorésistances parallèlement à leurs axes  
10 sensibles (C'C) et dans un même sens pour chacune des magnétorésistances

6. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le champ de polarisation (Hp)  
15 fixe est obtenu par un aimant permanent annulaire (36), aimanté radialement de façon que les lignes de champs (hc) traversent les magnétorésistances parallèlement à leurs axes sensibles (C'C) et dans un même sens pour chacune des magnétorésistances.

20 7. Dispositif de mesure de position angulaire selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'aimant permanent annulaire (36) comportant une surface cylindrique interne (38) et une surface cylindrique externe (40) selon un axe de révolution (F'F) est accolé contre la surface inférieure (32) de la puce (28), l'axe de révolution (F'F) passant par le point  
25 central (O) de la puce (28).

8. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'élément magnétique mobile est un aimant permanent mobile (24) de dimensions grandes par rapport au  
30 capteur (26,50).

9. Dispositif de mesure de position angulaire selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'aimant permanent mobile (24) est réalisé sous la forme d'un barreau de section rectangulaire selon un axe



longitudinal (Z'Z) qui tourne, entraîné par un pivot (22), dans un plan de rotation (Pr) sensiblement parallèle à la face supérieure (30) de la puce (28).

5 10. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le champ magnétique (H) de l'élément magnétique mobile est généré par des secondes bobines alimentées par un second courant électrique.

10 11. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième groupe (G1,G2,G3,G4) de magnétorésistances comportent chacun deux magnétorésistance d'axes sensible (C'C) parallèles.

15 12. Dispositif de mesure de position angulaire selon la revendication 11, caractérisé en ce que les magnétorésistances sont groupées par groupes de deux magnétorésistances côte à côte dont les axes sensibles (C'C) sont parallèles, le premier groupe (G1) constitué de deux premières magnétorésistances (M1, M2), le deuxième groupe (G2)  
20 constitué de deux deuxièmes magnétorésistances (M3, M4), le troisième groupe (G3) constitué de deux troisièmes magnétorésistances (M5, M6) et le quatrième groupe (G4) constitué des deux quatrièmes magnétorésistances (M7, M8), chaque groupe se trouvant sensiblement à égal distance d'un point central (O) situé dans une zone centrale de la face  
25 supérieure (30) de la puce (28), les magnétorésistances étant situées sur la face supérieure de la puce de telle façon qu'un premier axe (X'X) situé dans le plan de la face supérieur de la puce et comportant le point central (O), passe entre les deux magnétorésistances côte à côte du deuxième groupe (G2) et du quatrième groupe (G4) parallèlement à leur axe sensible (C'C) et  
30 qu'un second axe (Y'Y) perpendiculaire au premier axe (X'X) situé dans le même plan supérieur de la puce et comportant aussi le point central (O), passe entre les magnétorésistances côte à côte du premier groupe (G1) et du troisième groupe (G3) et parallèlement à leur axe sensible (C'C).

13. Dispositif de mesure de position angulaire selon la revendications 11 ou 12, caractérisé en ce que les moyens de mesure différentielle des signaux utilisent un premier pont de Wheatstone (P1) comportant le premier et le troisième groupe (G1,G3) de magnétorésistances fournissant une première tension (U1) de mesure proportionnelle au sinus de la position angulaire ( $\alpha$ ) du champ magnétique (H) de l'élément magnétique mobile et un second pont de Wheatstone (P2) comportant le deuxième et le quatrième groupe (G2,G4) de magnétorésistances fournissant une seconde tension (U2) de mesure proportionnelle au cosinus de la position angulaire ( $\alpha$ ) du même champ magnétique (H), la première et la seconde tension (U1,U2) de mesure étant connectées à une unité de traitement (UT) fournissant la position angulaire ( $\alpha$ ) de l'élément magnétique mobile.

14. Dispositif de mesure de position angulaire selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième groupe (G1,G2,G3,G4) de magnétorésistances comportent chacun une seule magnétorésistance (M1,M3,M5,M7).

15. Dispositif de mesure de position angulaire selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de mesure différentielle des signaux, utilisent un premier pont diviseur comportant les deux magnétorésistances (M1,M5) en série, du premier et du troisième groupe (G1,G3) et un second pont diviseur comportant les autres deux magnétorésistances (M3,M7) en série, du deuxième et le quatrième groupe (G2,G4), l'extrémité libre des magnétorésistances du premier et du deuxième groupe (M1,M3) étant connectée à un potentiel (u) et les extrémités libres des magnétorésistances du troisième et quatrième groupe (M5,M7) étant connectées à une masse (M) des moyens de mesure, le premier pont diviseur fournissant, à travers un premier adaptateur A3 ayant une entrée connectée au point de jonction des magnétorésistances (M1,M5) du premier et du troisième groupe, une première tension (U1) de mesure proportionnelle au sinus de la position angulaire ( $\alpha$ ) du champ magnétique (H) de l'élément magnétique mobile, le second pont diviseur fournissant, à travers un second adaptateur A4 ayant une entrée connectée au point de

- jonction des magnétorésistances (M3,M7) du deuxième et du quatrième groupe, une seconde tension (U2) de mesure proportionnelle au cosinus de la position angulaire ( $\alpha$ ) du même champ magnétique (H), la première et la seconde tension (U1,U2) de mesure étant appliquées aux entrées (E5 E6)
- 5 de l'unité de traitement (UT) fournissant à sa sortie (S) la position angulaire ( $\alpha$ ) de l'élément magnétique mobile.

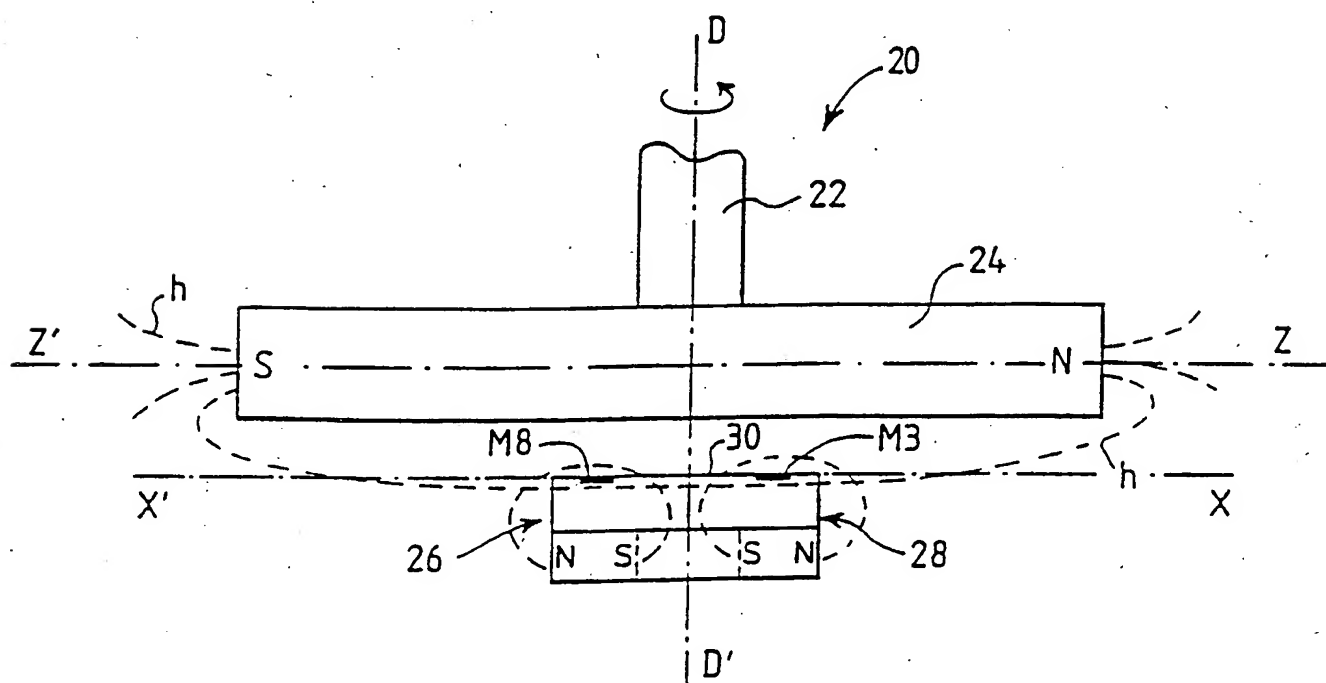
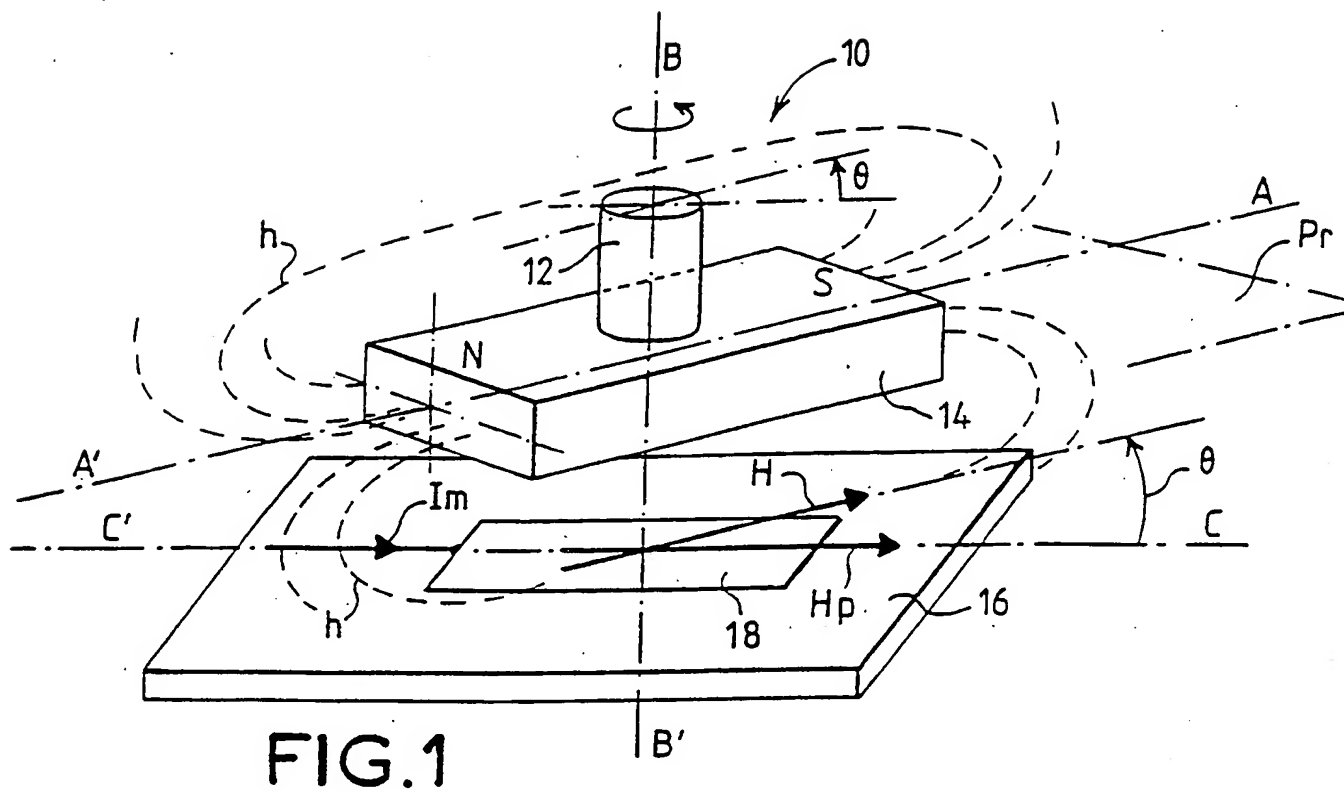
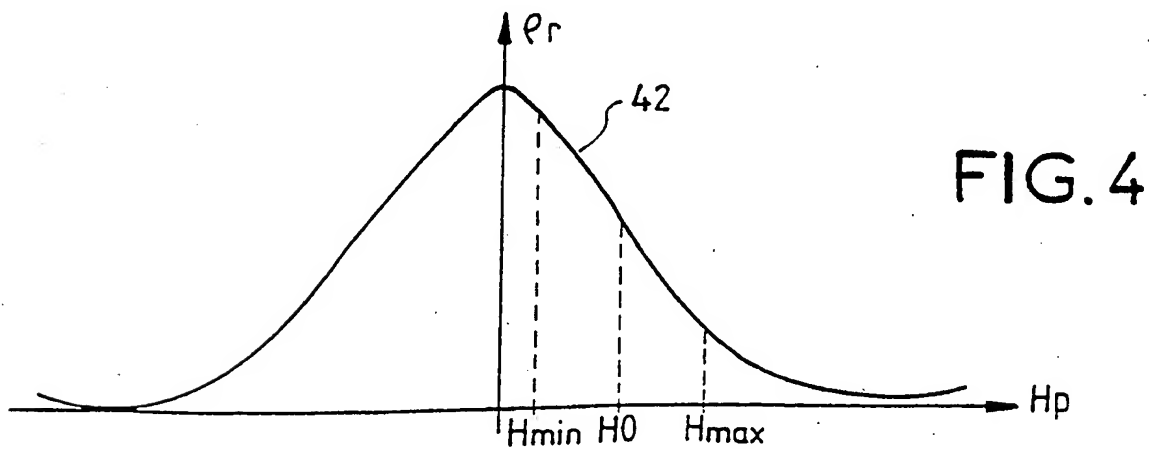
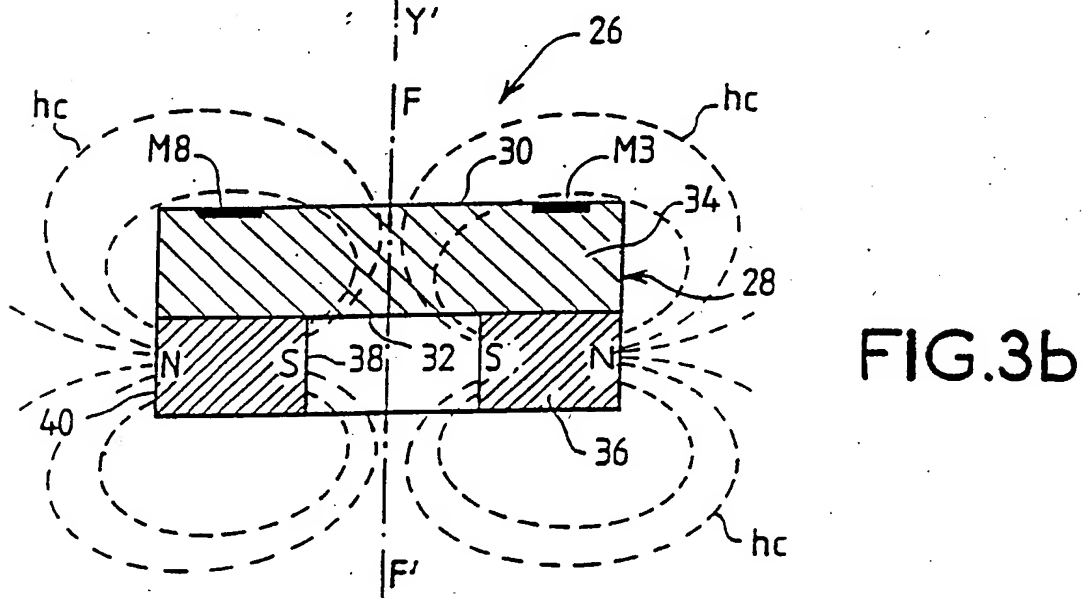
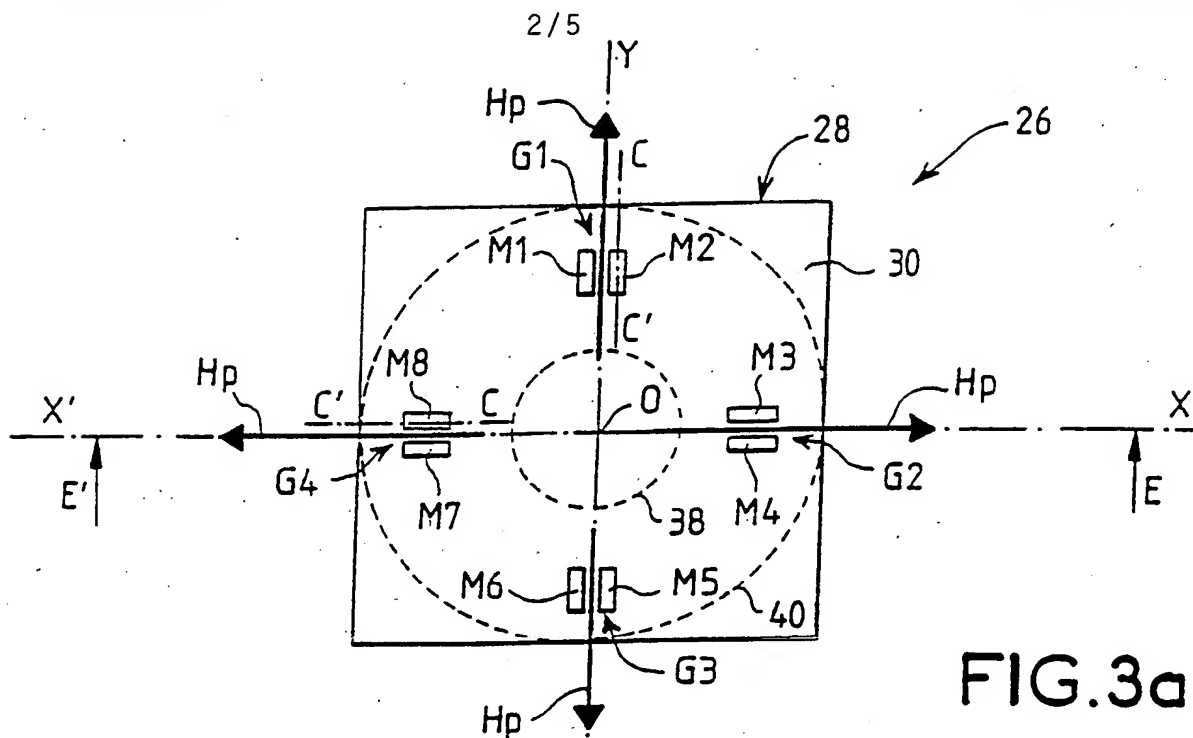
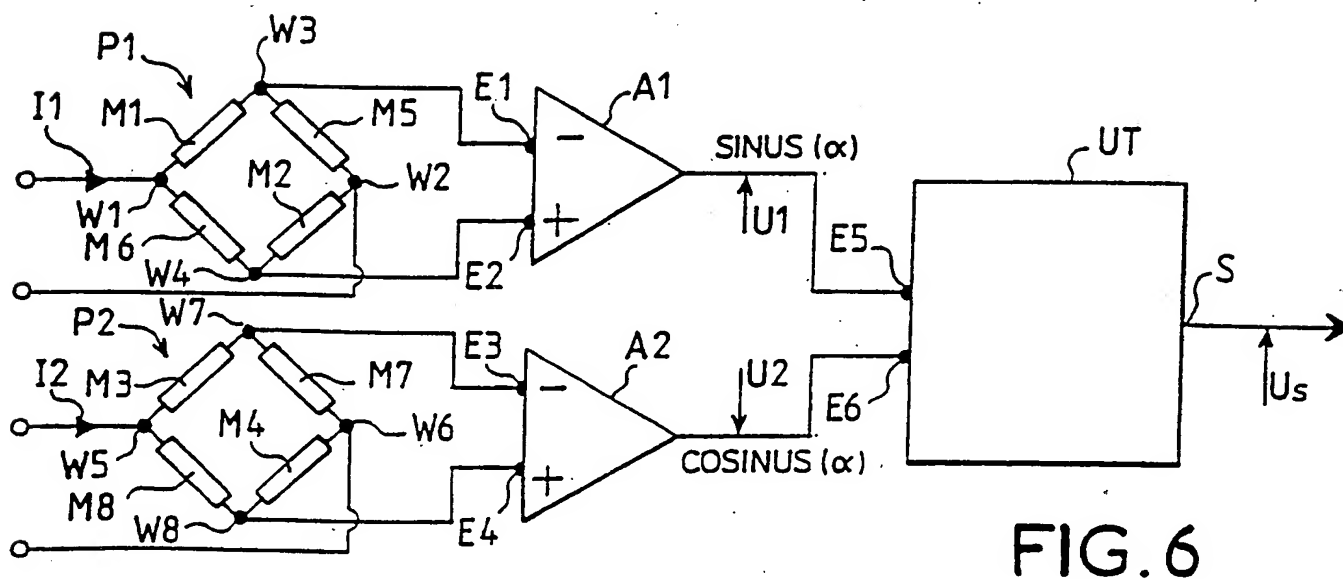
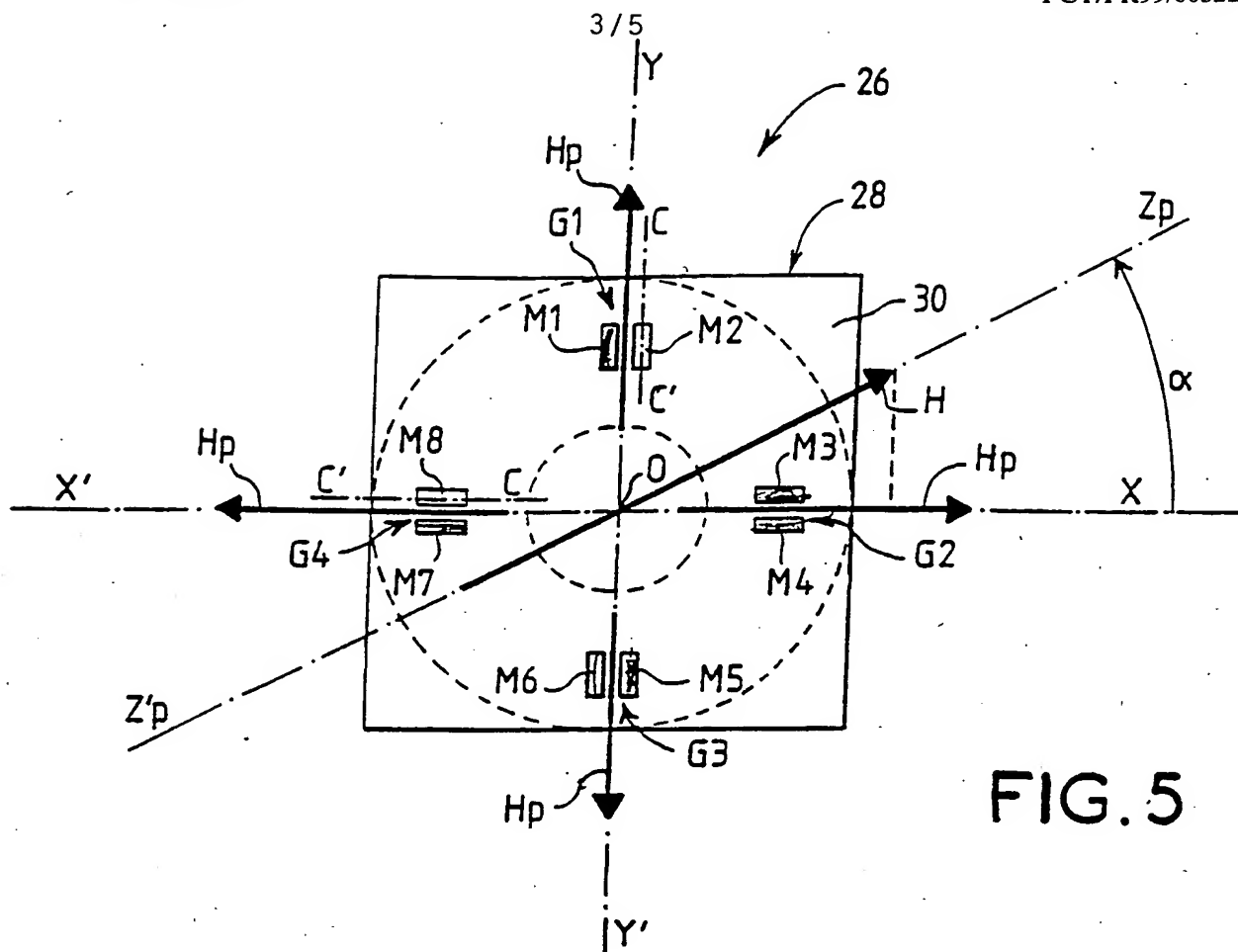


FIG. 2





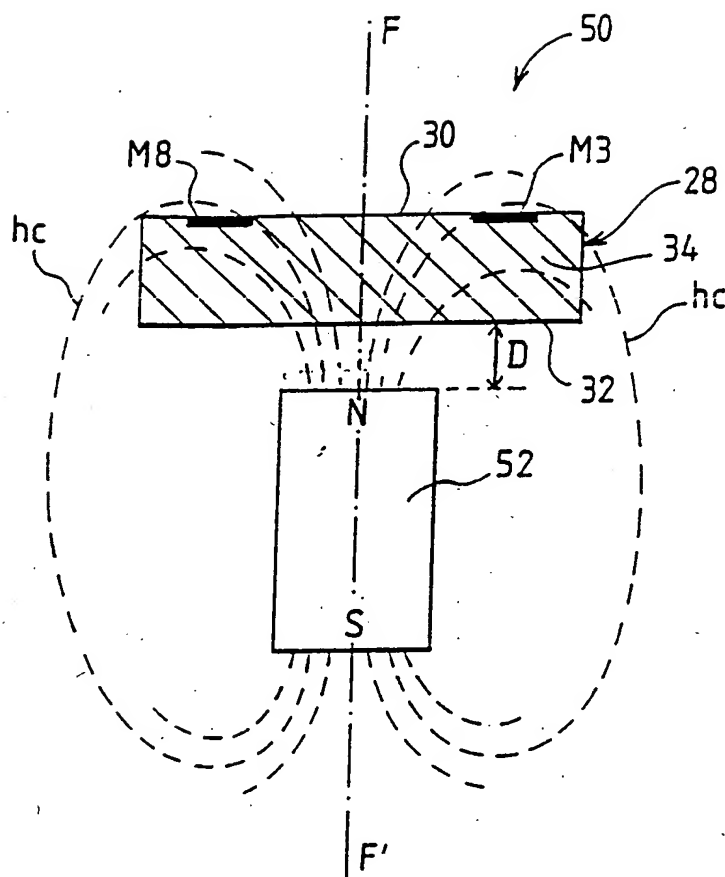


FIG. 7

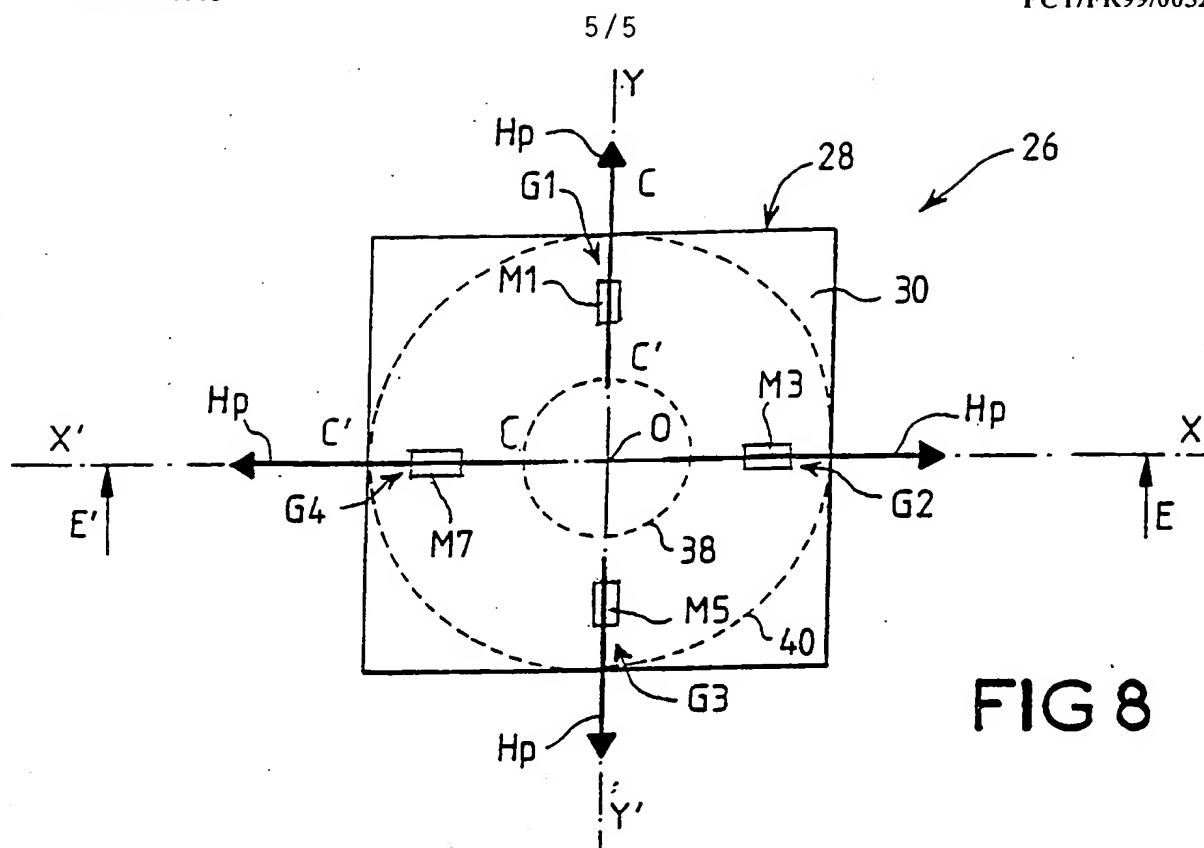


FIG 8

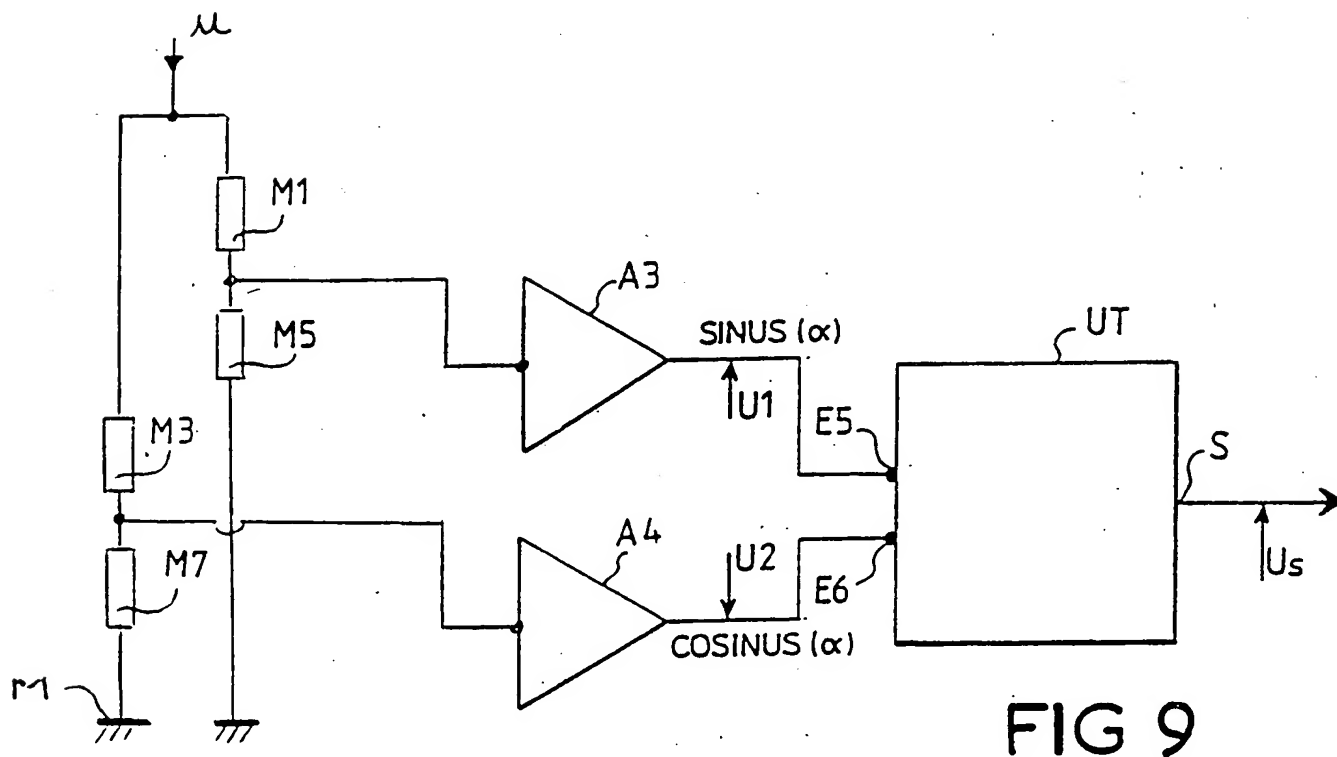


FIG 9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No

PCT/FR 99/00522

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 G01D5/16 G01B7/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01D G01B G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 43 17 512 A (UNIV SCHILLER JENA) 1 December 1994 see column 3, line 1 - column 4, line 22; figure 9	1-4, 10-13
Y	WO 96 38739 A (SIEMENS AG ; SCHELTER WOLFGANG (DE); BERG HUGO VAN DEN (DE)) 5 December 1996 see page 5, line 29 - page 6, column 6; figure 1	1-4, 10-13
A	US 4 500 867 A (ISHITOBI YOSHIMITSU ET AL) 19 February 1985 see column 5, line 5 - line 42	5-9
A	DE 195 48 385 A (SIEMENS AG) 3 July 1997 see the whole document	14.15

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 June 1999

Date of mailing of the international search report

17/06/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lut, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Inter nal Application No

PCT/FR 99/00522

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4317512 A	01-12-1994	NONE	
WO 9638739 A	05-12-1996	DE 19520206 A EP 0874999 A	05-12-1996 04-11-1998
US 4500867 A	19-02-1985	JP 58122424 A CA 1184624 A	21-07-1983 26-03-1985
DE 19548385 A	03-07-1997	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem Internationale No  
PCT/FR 99/00522

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 G01D5/16 G01B7/30

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 G01D G01B G01R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 43 17 512 A (UNIV SCHILLER JENA) 1 décembre 1994 voir colonne 3, ligne 1 - colonne 4, ligne 22; figure 9 ---	1-4, 10-13
Y	WO 96 38739 A (SIEMENS AG ; SCHELTER WOLFGANG (DE); BERG HUGO VAN DEN (DE)) 5 décembre 1996 voir page 5, ligne 29 - page 6, colonne 6; figure 1 ---	1-4, 10-13
A	US 4 500 867 A (ISHITOBI YOSHIMITSU ET AL) 19 février 1985 voir colonne 5, ligne 5 - ligne 42 ---	5-9
A	DE 195 48 385 A (SIEMENS AG) 3 juillet 1997 voir le document en entier -----	14, 15

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date  
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cite pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)  
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens  
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention  
"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 juin 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17/06/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lut, K

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem Internationale No

PCT/FR 99/00522

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4317512 A	01-12-1994	AUCUN	
WO 9638739 A	05-12-1996	DE 19520206 A EP 0874999 A	05-12-1996 04-11-1998
US 4500867 A	19-02-1985	JP 58122424 A CA 1184624 A	21-07-1983 26-03-1985
DE 19548385 A	03-07-1997	AUCUN	